

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 49 (1971)

Heft: 5

Artikel: Umbau bestehender Trägerkabel auf 60 Kanäle je System = Transformation d'installations de câbles à courants porteurs existantes pour une exploitation de 60 voies téléphoniques par système

Autor: Monney, Aurèle / Gertsch, Felix / Alder, Walter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874279>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Umbau bestehender Trägerkabel auf 60 Kanäle je System

Transformation d'installations de câbles à courants porteurs existantes pour une exploitation de 60 voies téléphoniques par système

Aurèle MONNEY, Felix GERTSCH und Walter ALDER, Bern

621.395.44
621.395.5; 621.395.44

Zusammenfassung. Es wird der Umbau der paarsymmetrischen Trägerkabelanlage Bern–Lausanne von 48- auf 60-Kanal-Betrieb im Frequenzbereich 12...252 kHz behandelt. Anstelle der früheren Zwischenverstärkerstationen gelangen transistorisierte und ferngespeiste Zwischenverstärker zum Einsatz. Dies erforderte einen vollständig neuen Abgleich der Kabelanlage in bezug auf Fernnebensprechen. Erläutert werden die sich stellenden Probleme der Ausführung.

Résumé. Les auteurs décrivent la transformation de l'installation de câbles à courants porteurs à paires symétriques de l'artère Berne–Lausanne en vue d'une augmentation du nombre de canaux de 48 à 60 par système dans une bande de fréquences s'étalant entre 12 et 252 kHz. Les stations amplificatrices intermédiaires, dotées jusqu'ici d'équipements à tubes, sont remplacées par des amplificateurs souterrains, transistorisés et téléalimentés à partir des stations principales. Cela implique un nouvel équilibrage complet de l'installation en ce qui concerne la télédiaphonie. Sont expliqués et commentés les différents problèmes d'exécution qui se sont présentés.

Trasformazione dei cavi a frequenze vettrici esistenti in sistemi a 60 canali

Riassunto. Si descrive la trasformazione dell'impianto cavi a coppie simmetriche a frequenze vettrici Berna–Losanna dall'esercizio a 48 canali a quello a 60 nella banda di frequenza 12...252 kHz. Al posto delle precedenti stazioni amplificatrici vengono intercalati amplificatori intermedi transistorizzati e a telealimentazione. Ciò ha richiesto un nuovo integrale equilibramento dell'impianto cavi in merito alla telediafonia. Si illustrano i problemi emersi in fase d'esecuzione.

1. Einleitung

Die stete Zunahme des Fernverkehrs zwingt uns, bei der Trägerfrequenzübertragungstechnik immer breitere Frequenzbänder zu verwenden. Das in der Schweiz seit 1945 bestehende Trägerkabelnetz ist für 12...24 Kanäle je System erstellt worden. Im Laufe der letzten 10 Jahre sind einige dieser Kabelanlagen umgebaut worden, um sie für 48 Kanäle einsetzen zu können. Damals galt als zulässige Grenze der Frequenzbereich 12...204 kHz, um die Qualität in bezug auf Übersprechen garantieren zu können. In ihrer rund 20jährigen Lebensdauer haben die Trägerkabelanlagen wegen Umlegungen und aus andern Gründen einige Veränderungen und Schäden erlitten. Die daraus entstandenen Unzulänglichkeiten, zusammen mit der Alterung der Verstärkerausrüstungen, führten zu einer ungenügenden Übertragungsqualität. Es drängte sich deshalb für gewisse Einrichtungen ein neuer Nebensprechabgleich auf wie auch der Ersatz der bestehenden Ausrüstungen in den Hauptverstärkerstationen.

2. Projektierung

Da sich die Verstärkertechnik in den vergangenen Jahren sehr stark entwickelt hat, war es naheliegend, anlässlich der Überprüfung der Anlagen von den neuen technischen Erkenntnissen möglichst zu profitieren und die bestehenden 48-Kanal-Anlagen ein weiteres Mal umzubauen, und zwar in modern ausgerüstete Einrichtungen, mit denen die Zahl der Kanäle – bei einer Grenzfrequenz von 252 kHz – auf 60 hinaufgesetzt werden kann. Je nach Anlage liessen sich durch einen neuen HF-Abgleich der Kabel gleichzeitig auch die Qualitätscharakteristiken erheblich verbessern.

Die bei der neuen Technik mit unterirdischen, transistorisierten und ferngespeisten Verstärkern auftretenden Probleme setzten vor einem Entscheid die Prüfung der Frage voraus, ob die Übertragungsqualität ausreichen würde. Es ist nicht einfach, bei der Verwendung dieser paarsym-

1. Introduction

L'augmentation constante du trafic interurbain nous oblige à utiliser la technique de transmission par courants porteurs dans des bandes de fréquences qui s'élargissent de plus en plus. Le réseau de câbles à courants porteurs existant en Suisse a été installé à partir des années 1945 pour une exploitation variant entre 12 et 24 canaux par système. Certaines de ces installations ont déjà été transformées au cours des dix dernières années, afin de permettre une augmentation du trafic, en des systèmes autorisant l'exploitation de 48 canaux. A cette époque, la transmission d'une bande de fréquences de 12 à 204 kHz semblait être la limite acceptable au point de vue de la qualité diaphonique. Cependant, tout au long de leurs vingt années d'existence, ces installations de câbles ont subi certaines avaries dues à des déplacements ou à des défauts de toutes natures. Ces derniers, conjugués avec le vieillissement des équipements amplificateurs, ont eu pour conséquences de rendre les caractéristiques qualitatives de la transmission insuffisantes. Un nouvel équilibrage électrique de certaines installations s'imposait donc, ainsi que le remplacement des équipements existants, dans les stations amplificatrices principales.

2. Projet

La technique des amplificateurs ayant fortement évolué ces dernières années, il était tentant de profiter des nécessités imposées, pour transformer une nouvelle fois les installations existantes, exploitées sous 204 kHz avec 48 voies par système, en de nouvelles installations modernes permettant d'augmenter le nombre de voies jusqu'à 60 sous une fréquence limite de 252 kHz. Par la même occasion, suivant les installations en cause, il eût été possible, par un nouvel équilibrage haute fréquence des câbles, de revaloriser les caractéristiques qualitatives de toute une installation de manière appréciable.

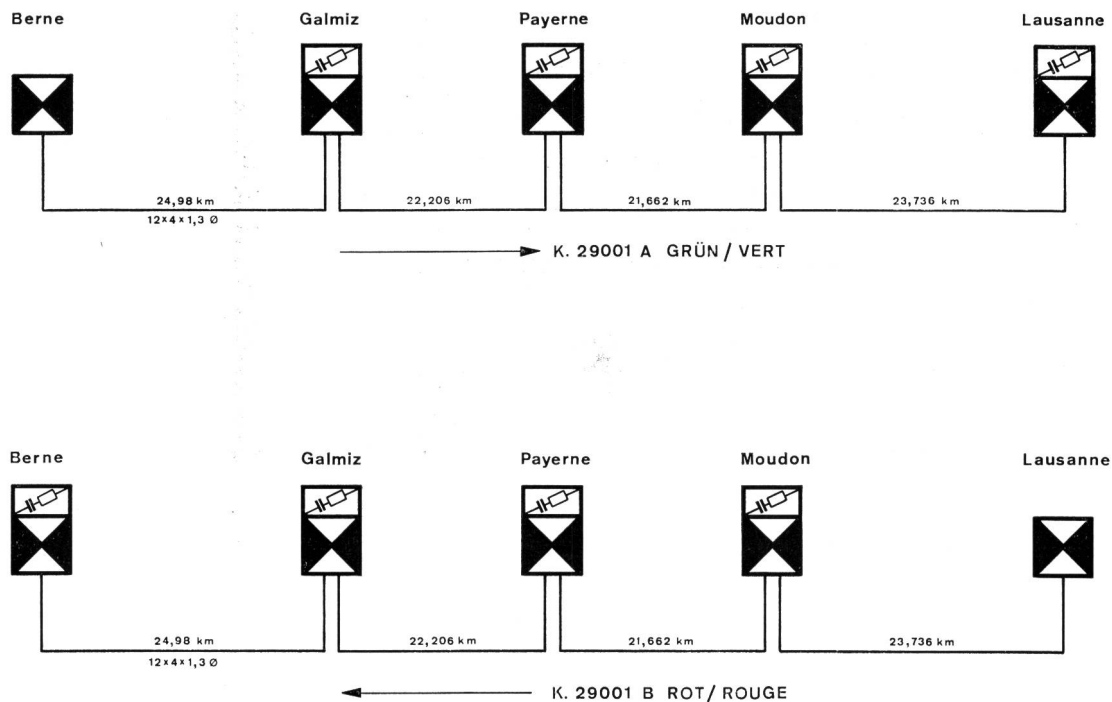
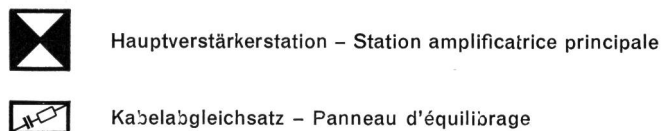


Fig. 1
 Alte Trägerkabelanlage Bern-Payerne-Lausanne
 Ancienne installation de câbles à courants porteurs Bern-Payerne-Lausanne



metrischen Kabel für so hohe Frequenzen eine optimale Übertragungsqualität zu erreichen, besonders nicht im Blick auf die gegenseitige Nebensprechkopplung der Systeme und die Homogenität einer ganzen Anlage.

Es sind daher auf solchen Anlagen Messungen ausgeführt und diese gründlich beurteilt worden, um eine möglichst genaue Diagnose darüber stellen zu können, was von einer Änderung zu erwarten sei. Es ergab sich schliesslich eine Studie, die Aufschluss über alle Einzelheiten gab. Sehr hilfreich war dazu das neue Gerät für Messung und Abgleich der Trägerfrequenzkabel, mit dem ein ganzes Frequenzband auf seine Form und Regelmässigkeit (absoluter Wert und Phase) analysiert werden kann.

Auf Grund der gewonnenen, befriedigenden Resultate entschied man sich, als ersten Schritt das Trägerkabel Lausanne-Bern in eine Anlage für 60-Kanal-Systeme umzubauen. Diese Anlage war bis anhin mit drei Hauptverstärkerstationen versehen, die sich in Galmiz, Payerne und Moudon (Fig. 1) befanden. Nach dem Umbau ist sie mit sechs transistorisierten, ferngespeisten und unterirdischen Zwischenverstärkerstationen ausgerüstet. Es bleibt nur noch eine Hauptstation, die in Payerne bereits eingerichtet ist (Fig. 2).

Les problèmes posés par la nouvelle technique des stations amplificatrices souterraines transistorisées et télé-alimentées ne permettaient pas de prendre une décision sans s'être, auparavant, assuré que les conditions de transmission seraient acceptables. L'obtention d'une qualité de transmission optimale lors de l'exploitation de ces câbles à paires symétriques à des fréquences si élevées n'est naturellement pas aisée, surtout au point de vue de la diaphonie entre systèmes et de l'homogénéité de l'ensemble d'une installation. Aussi des mesures ont-elles été effectuées, sur de telles installations, et étudiées très à fond, afin de poser un diagnostic de probabilité aussi exact que possible de ce que l'on pouvait attendre d'une telle transformation. Cette étude a pu être réalisée jusque dans les plus petits détails grâce au nouvel appareillage utilisé pour les mesures et l'équilibrage des câbles à courants porteurs, où toute une bande de fréquences peut être analysée tant dans sa forme que dans sa régularité (valeur absolue et phase). Sur la base des résultats positifs obtenus, il a été décidé alors, dans une première étape, de transformer l'artère de câbles entre Bern et Lausanne en une installation à 60 voies. Cette installation était pourvue, jusqu'ici,

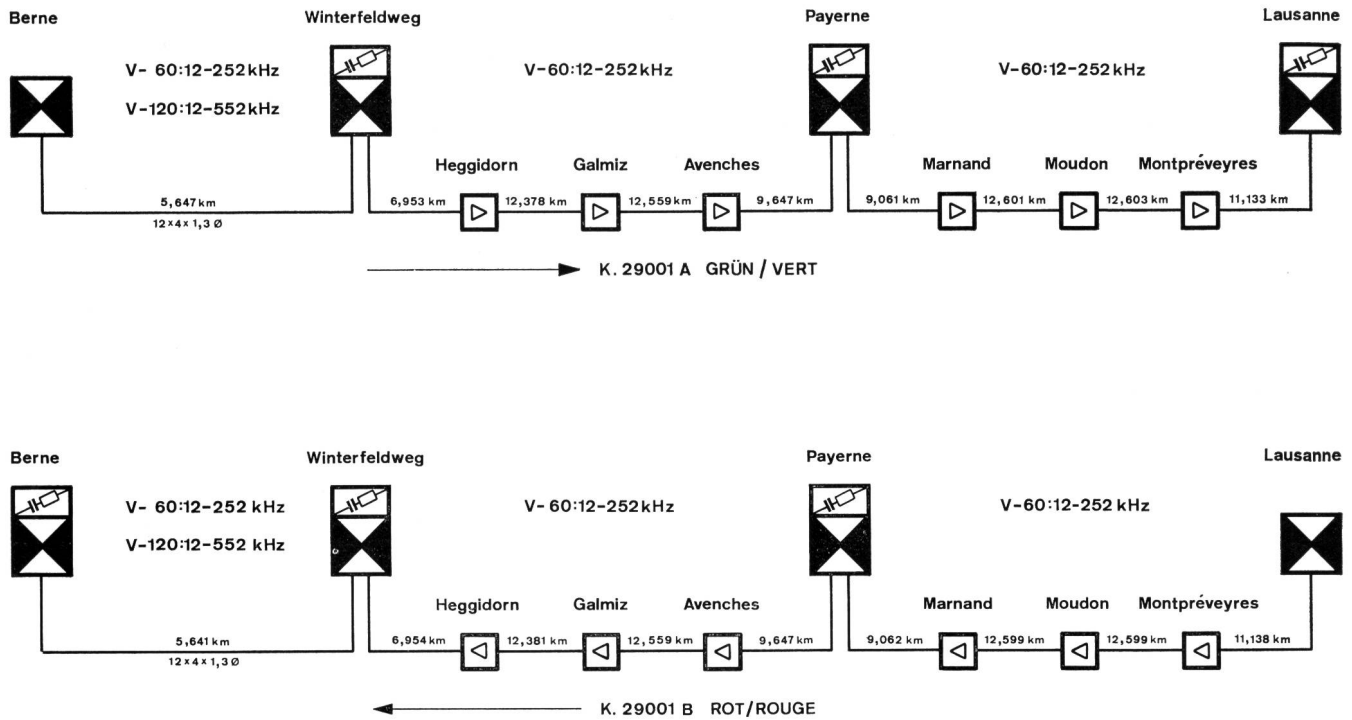





Fig. 2
Umgebaute Trägerkabelanlage Bern-Payerne-Lausanne
Installation transformée de câbles à courants porteurs Berne-Payerne-Lausanne

-  Hauptverstärkerstation – Station amplificatrice principale
-  Kabelabgleichsatz – Panneau d'équilibrage
-  Unterirdische Verstärkerstation
Station amplificatrice souterraine

3. Folgen des Umbaus

Nachdem dieser Anlageumbau beschlossen war, musste der Telefonverkehr der Trägerfrequenzkabel über ein Koaxialkabel mit denselben Endpunkten umgeleitet werden. Der Telefonrundspruch auf den Phantomleitungen war seinerseits bis zu den Endpunkten über verschiedene paar-symmetrische Kabel zu führen. Nach Umleitung des gesamten Verkehrs der beiden Kabel nahmen die Tiefbaubüros der in Frage stehenden Kreistelephondirektionen die erste Etappe in Angriff und besorgten die unterirdischen Bauarbeiten. An jedem Verstärkerpunkt wurde eine unterirdische Spezialeinheit in der Weise gebaut, dass man zu den Verstärkern jederzeit Zugang hat. Nachdem die Leitungs- und Verstärkerausrüstungen einmal montiert waren, folgten die Abgleicharbeiten in genau aufeinander abgestimmter Reihenfolge. Es wurde darauf geachtet, dass nirgends Beschäftigungslücken entstanden. Dies erforderte eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Dienste und

de trois stations principales intermédiaires situées à Galmiz, Payerne et Moudon (fig. 1). Sous sa nouvelle forme, elle est équipée de six stations amplificatrices intermédiaires, transistorisées, téléalimentées et souterraines. Il ne subsiste donc qu'une seule station principale, celle déjà implantée à Payerne (fig. 2).

3. Conséquences de la transformation

Cette transformation une fois acceptée, tout le trafic téléphonique des câbles à courants porteurs dut être détourné, en majeure partie par un câble coaxial ayant les mêmes points de terminaison. Il en fut de même pour les circuits de télédiffusion établis sur les fantômes des quartes, qui, eux, ont été acheminés par différents câbles interurbains à paires symétriques jusqu'à leurs points d'aboutissement. Les deux câbles étant totalement libres de tout trafic, les travaux de construction souterrains par les bureaux de génie civil des directions d'arrondissement des

den Einsatz zahlreicher qualifizierter Techniker und Handwerker. Die umgebaute Anlage konnte nach acht Monaten ununterbrochener Arbeit mit dem ansehnlichen Gewinn von beinahe 300 Kanälen vorzüglicher Qualität wieder dem Betrieb übergeben werden.

4. Vorbereitungs- und Umbauarbeiten auf der Trägeranlage Bern-Lausanne

4.1 Standortbestimmung der Verstärkerstationen

Für die Wahl der Verstärkerstandorte waren in erster Linie drei Kriterien massgebend:

- Gegebener Verstärkungsgrad der Verstärker unter Berücksichtigung des zulässigen Geräuschpegelabstandes,
- Aderdurchmesser des Kabels beziehungsweise Dämpfungsbelag und
- Mitbenützung bestehender Zentralen.

Der grösstmögliche Abstand für unterirdische Zwischenverstärker beträgt 12,5 km \pm 300 m für Trägerkabel mit 1,3 mm Aderdurchmesser und einer Frequenzbereichsausnutzung von 12...252 kHz. Ein rationeller, überblickbarer Fernebensprechabgleich ist auf einer Anlage von über 80 km Länge ohne Unterteilung in verschiedene Hauptverstärkerfelder nicht möglich.

Vorausgehende Messungen zeigten, dass ein qualitativ genügender Fernebensprechabgleich auf zwei Hauptverstärkerfeldern von je 40 km Länge möglich ist. Demzufolge wählte man die bestehende Zentrale Payerne als Hauptzwischenverstärkerstation. Die Zentralen Avenches und Moudon eigneten sich entsprechend ihrer Lage zur Unterbringung unterirdischer Zwischenverstärker.

Damit ergab sich folgende Verstärkerfeldaufteilung:

1. Hauptverstärkerfeld Bern-Payerne mit drei unterirdischen Zwischenverstärkerstationen.
2. Hauptverstärkerfeld Payerne-Lausanne mit drei unterirdischen Zwischenverstärkerstationen.

Als Standorte der übrigen vier Zwischenverstärkerstationen wurden Heggidorn, Galmiz, Marnand und Montpreveyres (siehe Fig. 2) bestimmt.

4.2 Montage der Kabelkopfbuchten und der unterirdischen Zwischenverstärker

Nachdem die Trägeranlage vollständig freigeschaltet war, konnte mit den umfangreichen Anpassungsarbeiten begonnen werden. Im wesentlichen waren dies:

- Montage der Kabelkopfbuchten (Typ *Philips*) in den Hauptstationen Bern, Payerne und Lausanne. Beide Trägerkabel enden auf der gleichen Bucht, da diese mit allen Elementen für die Sende- und Empfangsseite ausgerüstet ist (Fig. 3).

téléphones respectives purent débiter. A chaque point d'amplification, une chambre souterraine spéciale fut construite, permettant en tout temps l'accès aux répéteurs. Les équipements de ligne et d'amplification une fois placés et montés, les travaux d'équilibrage furent poursuivis dans un ordre chronologique évitant tous les temps morts. Cela a nécessité une étroite collaboration entre les divers services intéressés et a demandé l'engagement d'un nombreux personnel qualifié tant du domaine technique que du secteur artisanal. L'installation put être remise à l'exploitation sous sa nouvelle forme après huit mois de travaux ininterrompus, qui se sont soldés par le gain appréciable de près de 300 canaux supplémentaires de bonne qualité.

4. Travaux de préparation et de transformation sur l'installation de câbles à courants porteurs Berne-Lausanne

4.1 Détermination des points d'amplification intermédiaires

Le choix des emplacements pour l'intercalation des amplificateurs intermédiaires a été déterminé, en premier lieu, par trois critères fondamentaux:

- Le gain d'amplification fixe des amplificateurs intermédiaires en tenant compte de l'écart admis signal/bruit.
- Le diamètre des conducteurs du câble, respectivement la constante d'affaiblissement.
- L'utilisation de centraux existants.

La plus grande distance possible et acceptable entre les stations amplificatrices souterraines transistorisées implantées sur des câbles à courants porteurs avec conducteurs de 1,3 mm de diamètre est de 12,5 km \pm 300 m pour une plage de fréquences de 12 à 252 kHz. Sur une installation atteignant plus de 80 km, il n'est pas possible de réaliser un équilibrage de la télédiaphonie d'une manière rationnelle et objective. Il est nécessaire de subdiviser une telle installation en champs différents d'amplification principaux.

Des mesures effectuées préalablement ont montré qu'en divisant cette artère en deux champs principaux d'amplification de 40 km chacun, il serait possible d'obtenir, après équilibrage, une qualité télédiaphonique suffisante. Cette répartition a permis de choisir Payerne comme station amplificatrice intermédiaire principale.

Les centraux d'Avenches et de Moudon se prêtaient également bien, vu leur situation topographique, à l'implantation d'amplificateurs intermédiaires souterrains.

La structure définitive de l'installation se présente, dans sa nouvelle conception, comme il suit:

1. Champ d'amplification principal: Berne-Payerne avec trois stations de répéteurs intermédiaires souterrains.

- Einführung der beiden Trägerkabel über Anschlusskabel auf die Endverschlüsse in den drei Hauptverstärkerstationen (Fig. 4).
- Montage der unterirdischen Zwischenverstärkerkasten.
- Anschluss der Trägerkabel an die sechs unterirdischen Zwischenverstärker.
- Vorbereitung der Anschlusspleissungen in den Zwischenverstärkern (Eingang und Ausgang) für den HF-Abgleich.

4.3 Inbetriebnahme der unterirdischen Zwischenverstärker

Vor Beginn der Abgleicharbeiten mussten die unterirdischen Zwischenverstärker in Betrieb genommen werden. Verstärker, Entzerrer und Fernspeisung wurden durch Personal der Firma Philips eingestellt. Die Inbetriebnahme der Zwischenverstärker war nötig, weil die Abgleicharbeiten infolge der Kabeldämpfung nicht über eine Hauptverstärkerfeldlänge von 40 km ausgeführt werden können. Zudem bestand auf diese Weise die Möglichkeit, allfällige Beeinflussungen durch die unterirdischen Zwischenverstärker beim HF-Abgleich zu berücksichtigen.

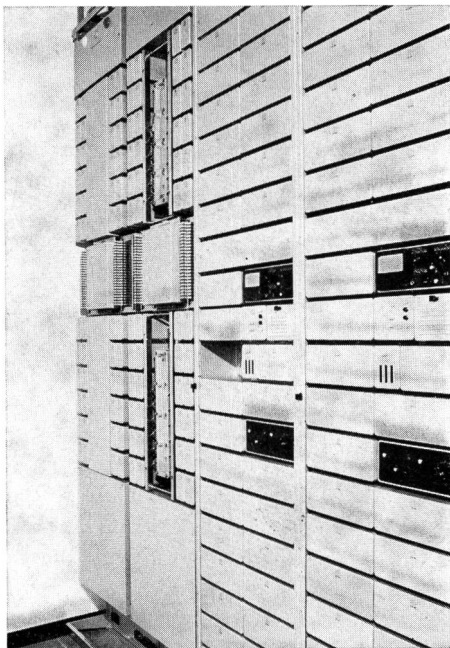


Fig. 3
Kabelkopf- und Verstärkerbuchten in der Hauptverstärkerstation Payerne
Bâtis de têtes de câbles et d'amplificateurs à la station amplificatrice principale de Payerne

2. Champ d'amplification principal: Payerne-Lausanne, avec trois stations de répéteurs intermédiaires souterrains également.

L'emplacement des quatre stations intermédiaires en plus des deux citées plus haut sont: Heggidorn, Galmiz, Marnand et Montpreveyres (voir figure 2).

4.2 Montage des bâtis de fin de câbles et des stations de répéteurs intermédiaires

Les travaux de préparation et d'adaptation ont débuté après que l'installation complète fut libérée de tout trafic. Il s'agissait en substance des points suivants:

- Montage des bâtis de boîtes de fin de câbles (type Philips) aux stations principales de Berne, Payerne et Lausanne. Les deux câbles composant cette installation se terminent dans un même bâti contenant tous les éléments nécessaires à l'équilibrage et aux équipements de ligne pour l'émission et la réception (fig. 3).
- Introduction des deux câbles à courants porteurs dans les boîtes de fin au moyen de câbles de raccordement dans les trois stations amplificatrices principales (fig. 4).

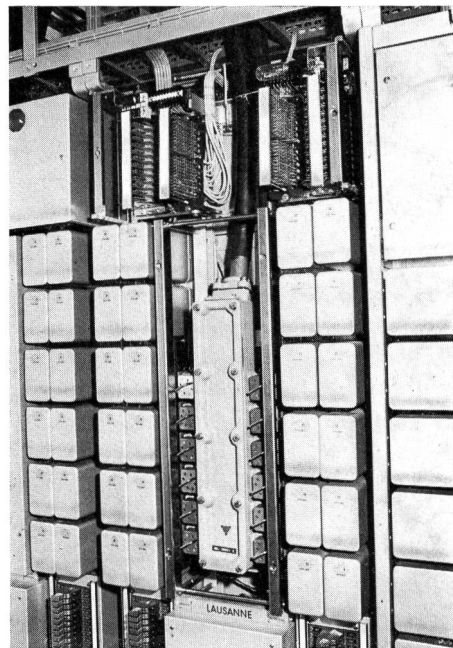


Fig. 4
Kabelendverschluss mit Anschlusskabel. Links und rechts davon sind die Linienübertrager der Stamm- und Phantomleitungen sichtbar
Tête de fin de câble avec câble de raccordement. On remarque à gauche et à droite les unités de translateurs des lignes de base et fantômes

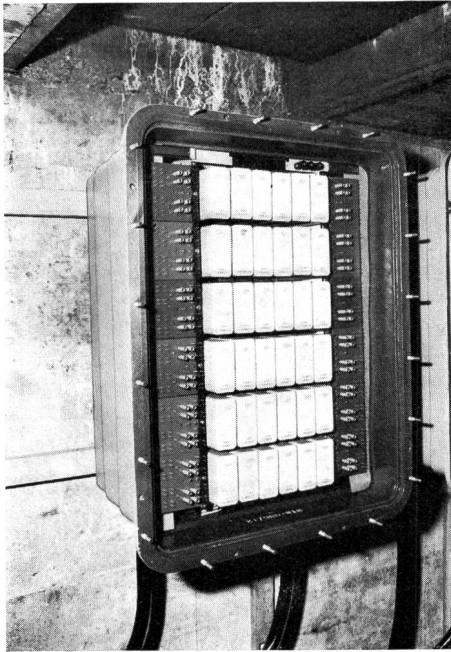


Fig. 5
Offener unterirdischer Zwischenverstärkerkasten
Coffret d'amplificateurs intermédiaires souterrains, ouvert

5. HF-Abgleich

5.1 Allgemeines

Der HF-Abgleich wird zur Verbesserung des Nebensprechens ausgeführt. Die Entstehung dieses Nebensprechens und die Möglichkeiten der Beeinflussung sollen nachstehend kurz betrachtet werden.

Das Nebensprechen

Beim Trägerbetrieb verlaufen die beiden Gesprächsrichtungen in zwei getrennten Kabeln. Man könnte daher sagen, dass nur Fernnebensprechen, hervorgerufen durch magnetische oder kapazitive Kopplungen k_a , auftreten kann. Die Kopplungsverhältnisse sind jedoch komplizierter. Das Nebensprechen setzt sich zusammen aus dem erwähnten Fernnebensprechen, reflektiertem Nahnebensprechen – entstehend durch die Kopplung k_b – sowie dem durch Kopplungen k_c und k_d über dritte Stromkreise entstehenden Nebensprechen¹.

Die in *Figur 6* vereinfacht gezeichneten Kopplungen sind als Summe der auftretenden Kopplungen an einer Kabelanlage zu betrachten.

Wie sieht nun die durch den Störer (Leitung 1) über die Kopplungsstellen $k_a...k_d$ erzeugte Spannung U_2 aus?

¹ F. Nüsseler: Das Abgleichen von NF- und HF-Kopplungen an Telephonkabeln. Techn. Mitt. PTT 1955, Nr. 10, S. 398 ff.

- Montage des coffrets contenant les équipements amplificateurs souterrains.
- Raccordement des câbles à courants porteurs aux 6 stations intermédiaires souterraines.
- Préparation des jonctions de raccordement aux stations intermédiaires (entrées et sorties) en vue de l'équilibrage HF.

4.3 Mise en service des stations amplificatrices souterraines

Avant le début des travaux d'équilibrage, les répéteurs intermédiaires avaient été mis en service par le personnel de la firme Philips après qu'il fut procédé aux réglages des amplificateurs et des correcteurs ainsi qu'à l'adaptation de la téléalimentation. Cette mise en service préalable a été rendue nécessaire à cause de l'affaiblissement provoqué par le câble. Cet affaiblissement de la ligne est si élevé que les travaux d'équilibrage ne peuvent pas être exécutés sur une longueur de câble de 40 km sans amplification intermédiaire. De plus, ce procédé permet de prendre en considération, lors des équilibrages HF, toutes les influences pouvant provenir de l'intercalation des amplificateurs intermédiaires.

5. Equilibrage HF

5.1 Généralités

L'équilibrage HF est réalisé afin d'améliorer l'affaiblissement diaphonique entre circuits. Les origines de cet affaiblissement particulier ainsi que les possibilités de l'influencer peuvent être expliquées d'une manière succincte de la façon suivante:

La diaphonie

Lors d'une exploitation par courants porteurs, la transmission dans les deux sens a lieu dans deux câbles séparés. On peut donc admettre que seule la télédiaphonie peut être engendrée par des couplages magnétiques ou capacitifs k_a . Les rapports existants entre ces différents couplages sont cependant bien plus compliqués. La diaphonie, en général, est en fait la résultante de la télédiaphonie déjà mentionnée, de la paradiaphonie réfléchie – causée par les couplages k_b – ainsi que de la diaphonie par troisièmes circuits, engendrée par les couplages k_c et k_d .¹

Les couplages représentés d'une manière simplifiée par la *figure 6* doivent être considérés comme étant la somme des couplages qui peuvent apparaître sur une installation de câbles.

Comment peut-on représenter la tension U_2 engendrée par le perturbateur (circuit 1) à travers les points de couplage k_a-k_d ?

¹ F. Nüsseler: L'équilibrage des couplages BF et HF sur les câbles téléphoniques. Bulletin technique PTT, 1956, n° 3, p. 105...126.

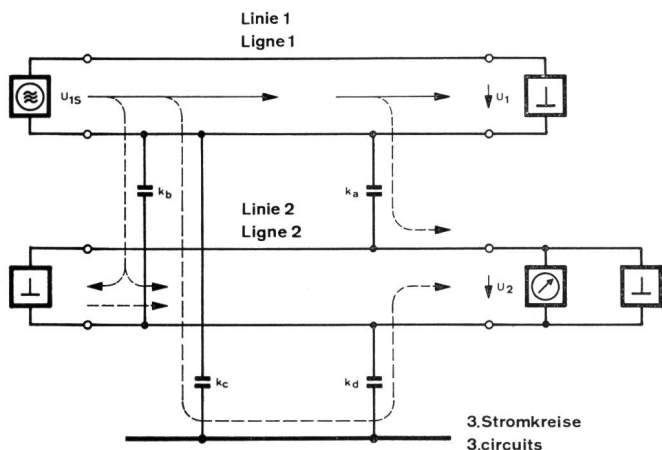


Fig. 6
Kopplungsverhältnisse und Entstehung des Nebensprechens zwischen zwei Leitungen
Rapport des couplages et origine de la diaphonie entre deux lignes

Die Spannung U_2 unterscheidet sich in Betrag und Phase von der Störspannung U_1 . Ihr Betrag richtet sich in erster Linie nach der Grösse und dem Ort der Kopplungen. Die Phasendifferenz zwischen den Spannungen U_1 und U_2 wird hervorgerufen durch ungleiche Phasenbeläge der beiden Leitungen. Sowohl Phase wie Betrag sind frequenzabhängig.

Aus Figur 7 ist das Verhältnis zwischen der Spannung der störenden (U_1) und der gestörten Leitung (U_2) bei einer bestimmten Frequenz ersichtlich.

Durch den Nebensprechabgleich wird die Spannung U_2 möglichst zum Verschwinden gebracht, das heisst wir erhalten dann einen minimalen Quotienten U_2/U_1 . Treten durch Vertauschen der beiden Leitungen zwischen U_{2N} (Normalwert) und U_{2K} (Kehrwert) Differenzen sowohl im Betrag als auch in der Phase auf, so spricht man vom *Tauscheffekt*. Die Nebensprechmessung von Leitung 1 gegen 2 oder Leitung 2 gegen 1 wird als *Normalwert* beziehungsweise als *Kehrwert* bezeichnet. Der Tauscheffekt entsteht zur Hauptsache durch Phasendifferenzen und Kopplungen über dritte Stromkreise.

Die Aufgabe des HF-Abgleichs besteht nun darin, die Probleme des Tauscheffektes und die Frequenzabhängigkeit des Nebensprechvektors zu lösen.

5.2 Messapparate

Um einen komplexen Kopplungsabgleich durchführen zu können, müssen die Kopplungskomponenten über das ganze auszunutzende Frequenzband bekannt sein. Das Messen dieser komplexen Grössen musste früher punktweise mit Hilfe einer Messeinrichtung in Brückenschaltung ausgeführt werden. Es war sehr mühsam, zeitraubend und schwer überblickbar. Heute wird der «Ortskurvenschreiber

La tension U_2 se différencie de la tension U_1 par sa valeur et par sa phase. La valeur intrinsèque est déterminée en premier lieu par la grandeur et le lieu de couplage. Le déphasage φ existant entre les tensions U_1 et U_2 est produit par une constante de phase inégale entre les deux circuits. Aussi bien la valeur absolue que la phase sont dépendantes de la fréquence.

La figure 7 représente la relation existant entre les tensions du circuit perturbateur (U_1) et du circuit perturbé (U_2) pour une fréquence donnée.

L'équilibrage de la diaphonie consiste dans la réduction et, si possible, dans l'élimination de la tension U_2 , ce qui revient à dire que l'on obtiendra le quotient minimum du rapport U_2/U_1 .

Si une différence de valeur ou de phase apparaît entre U_{2N} (valeur normale) et U_{2K} (valeur réciproque), par l'inversion des deux circuits, on parlera alors d'*effet de permutation*.

La valeur de l'affaiblissement diaphonique mesurée sur le circuit 1 contre le circuit 2 est appelée *valeur normale* tandis que la mesure du circuit 2 contre le 1 donne la *valeur réciproque*. L'effet de permutation est causé en majeure partie par les différences de phase et les couplages à travers des troisièmes circuits.

Le but à atteindre lors d'un équilibrage HF consiste donc à résoudre les problèmes posés, d'une part, par l'existence d'effets de permutation et, d'autre part, par la variation en fonction de la fréquence du vecteur de diaphonie.

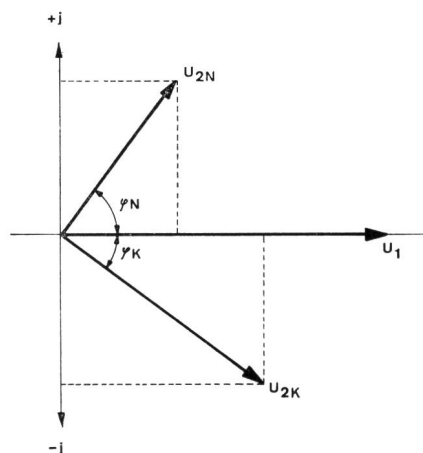


Fig. 7
Verhältnis zwischen der Spannung der störenden und gestörten Leitung
Rapport des tensions entre la ligne perturbatrice et la ligne perturbée

- U_1 Spannung der störenden Leitung — Tension de la ligne perturbatrice
- U_{2N}, U_{2K} Spannung der gestörten Leitung, Normal- und Kehrwert
Tension de la ligne perturbée, valeurs normale et réciproque

20...600 kHz» von *Siemens* verwendet. Dieser schreibt die Ortskurve des frequenzabhängigen, komplexen Quotienten zweier Spannungen

$$\frac{U_2}{U_1} \cdot e^{j\varphi} = \frac{U_2}{U_1} (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

auf den Schirm einer nachleuchtenden Kathodenstrahlröhre. Die reelle und die imaginäre Komponente sowie der Betrag lassen sich getrennt in Funktion der Frequenz aufzeichnen.

Für jede Frequenz der Messspannung erhält man auf der komplexen Ebene einen Punkt (beispielsweise P_{1N} und P_{1K} bei 250 kHz). Dieser entsteht dadurch, dass die

reelle Komponente $\left(\frac{U_2}{U_1} \cos \varphi\right)$ und die
 imaginäre Komponente $\left(\frac{U_2}{U_1} \sin \varphi\right)$

als Ablenkspannungen an die X- und Y-Platten der Kathodenstrahlröhre gelegt werden. Durch Verändern der Frequenz und aus dem Nachleuchten der Röhre ergibt sich, wie aus *Figur 8* ersichtlich, eine Kurve.

Die Länge des Vektors entspricht dem Betrag von U_2/U_1 . Dieser lässt sich mit dem Polarkoordinatenraster vor dem Leuchtschirm und der logarithmischen Einteilung der Bereichschalter direkt in Neper ablesen. Die *Figur 8* zeigt ferner deutlich, wie mit zunehmender Frequenz die beiden

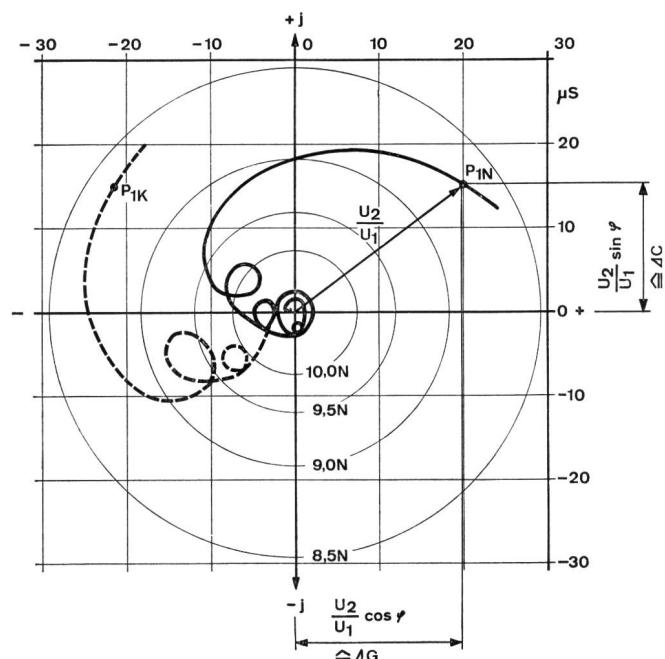


Fig. 8
 Abbildung der Ortskurve
 Illustration de la courbe en diagramme polaire

$\frac{U_2}{U_1} e^{j\varphi} = f(f)$
 ——— Normalwert 1-2 - Valeur normale 1-2
 Kehrwert 2-1 - Valeur réciproque 2-1

5.2 Appareils de mesure

Afin de réaliser d'une manière optimale un équilibrage des couplages complexes, il faut connaître les composantes de ces couplages dans toute l'étendue de la plage des fréquences qui sera exploitée. La mesure et l'évaluation de ces valeurs complexes étaient effectuées naguère au moyen d'un appareillage fonctionnant sur le principe du montage en pont (Wheatstone). Cette façon de procéder était très pénible, prenait énormément de temps et ne permettait finalement d'analyser que quelques points dans la bande de fréquences. On utilise aujourd'hui le «Discriminateur de couplages, 20-600 kHz» de *Siemens*. Cet appareil à tube cathodique reproduit sur son écran des courbes qui sont les résultantes du quotient complexe de deux tensions en fonction de la fréquence.

$$\frac{U_2}{U_1} \cdot e^{j\varphi} = \frac{U_2}{U_1} (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

Les composantes réelles et imaginaires ainsi que leurs valeurs peuvent être lues indépendamment l'une de l'autre mais toujours en fonction de la fréquence. A chacune des fréquences de la tension mesurée on obtient, dans le domaine complexe, un point (par exemple: P_{1N} et P_{1K} à 250 kHz).

Ce point a pour origine l'application aux plaques X et Y du tube à rayon cathodique des tensions de déviation représentées par:

la composante réelle $\left(\frac{U_2}{U_1} \cos \varphi\right)$ et
 la composante imaginaire $\left(\frac{U_2}{U_1} \sin \varphi\right)$

La courbe continue représentée par la *figure 8* a été obtenue par variation de la fréquence et grâce à la phosphorescence de l'écran du tube à rayon cathodique. La grandeur du vecteur correspond à la valeur U_2/U_1 .

Ce rapport peut être lu directement en néper, en appliquant devant l'écran de l'instrument une grille de conversion étalonnée en coordonnées polaires et à l'aide de la division logarithmique du commutateur de l'échelle de mesure. La *figure 8* démontre bien comment les deux courbes, normale et réciproque, s'écartent l'une de l'autre à mesure que la fréquence augmente. C'est cette différence qui est appelée effet de permutation.

Comme source de courant, pendant les mesures, on utilise un générateur stable de fréquences relié mécaniquement à un «wobulateur» qui le commande. Ce dernier permet une variation de fréquence réglable de 50-100 kHz par seconde. Le correcteur sert à l'égalisation de l'atténuation de la ligne et permet d'obtenir un niveau constant pour toute la bande des fréquences à contrôler.

Le commutateur de positions est commandé par le wobulateur travaillant à l'émission. Il permet de raccorder

Kurven auseinanderlaufen, was als Tauscheffekt bezeichnet wird.

Als Messstromquelle dient ein stetig durchsteuerbarer Sender, der über ein mechanisches Getriebe mit einer Geschwindigkeit von 50...100 kHz in der Sekunde gewobbelt werden kann.

Der Leitungsentzerrer dient zur Entzerrung der Leitungsdämpfung. Er bringt die Dämpfung über das ganze abzugleichende Frequenzband auf einen möglichst gleichen Wert.

Die Kehrwertschalter, gesteuert durch den Wobbelantrieb, schalten die Leitungen so an die Messeinrichtung, dass der Kopplungsverlauf der Leitungen 1 gegen 2 bei steigender, jener des Kehrwertes 2 gegen 1 bei fallender Frequenz aufgezeichnet wird.

5.3 Praktische Ausführung des HF-Abgleichs

In den letzten Jahren wurde die Abgleichtechnik für paarsymmetrische Trägerkabel intensiv weiterentwickelt. Um auf Trägerkabeln höhere Kanalzahlen übertragen zu können, mussten Endabgleichbuchten konstruiert werden, die einen optimalen Fernnebensprechabgleich ermöglichen.

Die neuen Endabgleichbuchten wurden von den niederländischen PTT in Zusammenarbeit mit der Firma Philips entwickelt und konnten von den schweizerischen Fernmeldediensten ohne grosse Änderungen eingeführt werden.

Der HF-Abgleich auf einer Trägerkabelanlage erfolgt immer in zwei Phasen:

1. Abgleich am Kabel selbst, wobei im allgemeinen in jeder Spleissung ein systematischer Abgleich zu erfolgen hat.
2. Endabgleich jeder Hauptverstärkerfeldlänge auf den Abgleichsätzen der Kabelkopfbucht.

Ein optimaler Fernnebensprechabgleich erfordert einen bedeutenden Zeit- und Personalaufwand, vor allem beim Umbau bestehender Anlagen. Demzufolge muss für dessen praktische Ausführung in den meisten Fällen eine Kompromisslösung gefunden werden, die genügende Nebensprechwerte ergibt und die Wiederinbetriebnahme der Anlage auf einen bestimmten Zeitpunkt hin ermöglicht.

Für den Umbau der Anlage Bern-Lausanne standen insgesamt 12 Monate zur Verfügung, wovon nur sechs für die Abgleicharbeiten.

Im folgenden wird die angewandte Abgleichmethode kurz erläutert.

Jedes Hauptverstärkerfeld wurde in vier Teilstrecken unterteilt. Die Abgleichpunkte am Kabel waren bei dieser Anlage identisch mit den Anschlussspleissungen der unterirdischen Zwischenverstärker, den sogenannten Poling-Punkten. Von allen Leitungen im gleichen Vierer mass man die ΔG - und ΔC -Kopplungen in Funktion der Frequenz von 12...252 kHz. Der Abgleich von zwei Aderpaaren im gleichen Vierer bot im allgemeinen grössere Schwierig-

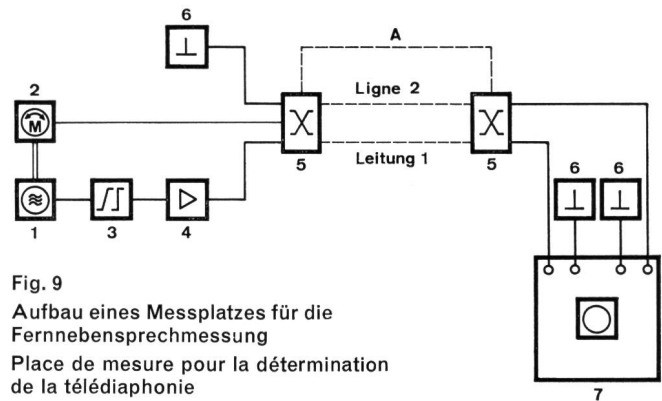


Fig. 9
Aufbau eines Messplatzes für die Fernnebensprechmessung
Place de mesure pour la détermination de la télédiaphonie

- 1 Sender - Emetteur
- 2 Wobbelantrieb - Entraînement du wobblateur
- 3 Entzerrer - Correcteur
- 4 Verstärker 10 W - Amplificateur 10 W
- 5 Kehrwertschalter - Commutateur de positions
- 6 Leitungsnachbildung - Equilibreur de ligne
- 7 Ortskurvenschreiber - Discriminateur de courbes en diagramme polaire
- A Steuerleitung für Kehrwertschalter - Ligne de commande pour commutateur de positions

automatisch les circuits à mesurer de façon que les couplages mesurés sur le circuit 1 contre le 2 donnent une courbe en fonction des fréquences ascendantes et ceux mesurés sur le circuit 2 contre le 1 en fonction des fréquences descendantes.

5.3 Exécution pratique de l'équilibrage HF

La technique d'équilibrage des câbles à courants porteurs à paires symétriques a fortement évolué ces dernières années.

L'augmentation constante du nombre de canaux par système n'est possible que par l'utilisation de bâtis d'équilibrage permettant d'obtenir, par adjonction de corrections, des valeurs de télédiaphonie optimales. Les nouveaux bâtis d'équilibrage développés par les PTT des Pays-Bas en collaboration avec la maison Philips ont été admis sans grandes modifications et introduits en Suisse par l'entreprise des PTT.

L'équilibrage HF d'une installation de câbles à courants porteurs est toujours réalisé en deux phases:

1. Equilibrage dans le câble même. En général, celui-ci est effectué systématiquement dans chaque épissure.
2. Equilibrage final de chaque champ d'amplification principal sur réseau multiple monté dans le bâti de têtes de câbles.

La réalisation d'un équilibrage télédiaphonique demande beaucoup de personnel et de temps, spécialement lorsqu'il s'agit de transformation d'installations existantes. Il en

keiten als jener der Nebenvierer. Der Kurvenverlauf der Kopplungen wurde auf dem Ortskurvenschreiber aufgezeichnet und mit einer Polaroidkamera fotografiert. Ein systematischer Kreuzungseinbau in den drei Poling-Punkten und die Aufnahme von vier Photos je Vierer ermöglichten die Berechnung der vorhandenen Kopplungsverhältnisse innerhalb jeder Teilstrecke.

Auf Grund der von jedem der 12 Vierer berechneten Teilstreckenkopplungen erfolgte in den Poling-Punkten ein Viererabtausch. Die einzelnen Vierer wurden in der Weise zusammengeschaltet, dass sich über das ganze Hauptverstärkerfeld ein möglichst linearer und reflexionsfreier Kopplungsverlauf $\Delta G/\Delta C$ ergab. Durch den Einbau von bestimmten Kreuzungskombinationen in den Poling-Punkten konnte der Kopplungsverlauf noch beeinflusst und verbessert werden.

Die Kopplungskurven einiger Kombinationen der einzelnen Teilstrecken hatten auf dieser Anlage leider keinen idealen Verlauf. Sie waren, bedingt durch Impedanzstellen, stark wellig und wiesen bei bestimmten Frequenzen ausgeprägte Spitzen auf. Für den Abgleich stellten sie ein schwer zu lösendes Problem dar. Durch den Viererabtausch konnten beim Poling nicht alle Kopplungsspitzen eliminiert werden. Die verbleibende Welligkeit über ein Hauptverstärkerfeld war auch beim Endabgleich nicht korrigierbar.

Auf der Empfangsseite eines Hauptverstärkerfeldes bestimmte man nun provisorisch die notwendigen Korrektur-elemente im Abgleichsatz. Dabei wurde jedes Aderpaar gegen jedes andere gemessen. Bei einem Trägerkabel mit 24 Aderpaaren ergab dies 276 Kombinationen. Der noch verbleibende Kopplungsanteil ΔC wurde durch symmetrischen Einbau von Abgleichkondensatoren in den Poling-Punkten auf etwa 10...20 pF reduziert. Damit waren die Aussenabgleicharbeiten am Kabel beendet.

Der Endabgleich erfolgte in den Abgleichsätzen der Kabelkopfbucht. Dazu standen auf der Empfangsseite folgende Abgleichsätze und Korrekturmöglichkeiten zur Verfügung:

1. Paneel mit 2×276 Trimmerkondensatoren zur Korrektur von ΔC -Kopplungen bis ± 30 pF.
2. Einbaumöglichkeit von RC-Korrektur-elementen (frequenzabhängige Korrektur der $\Delta G/\Delta C$ -Kurve).
3. Paneel mit 2×276 Trimmerkondensatoren zur Korrektur der Tauscheffekte G_{φ} (Phasenkorrektur im Linienüber-trager).
4. Einbaumöglichkeit von Widerständen zur Korrektur der Tauscheffekte C_{φ} (Phasenkorrektur im Linienüber-trager).
5. Paneel mit 30 Trimmerkondensatoren von je 30 pF auf der Sendeseite, Zuschaltung individuell. Siehe Fig. 10.

Diese verschiedenen Korrekturmöglichkeiten gestatten nun, jede Kombination bestmöglich abzugleichen. Auf dem Bildschirm des Ortskurvenschreibers ist die Fernneben-

résulte que, dans la plupart des cas, une solution de compromis doit être trouvée qui satisfasse à la fois aux conditions qualitatives de diaphonie et à la remise en service de l'installation sous sa nouvelle forme, dans un délai donné.

La totalité du temps imparti à la transformation de l'installation Berne-Lausanne était de 12 mois, dont 6 étaient réservés aux travaux d'équilibrage. La méthode utilisée pour cette installation peut être brièvement résumée comme indiqué ci-après:

Chaque champ d'amplification principal a été divisé en quatre tronçons partiels égaux. Les jonctions de raccordement des amplificateurs intermédiaires souterrains aux câbles à courants porteurs ont été choisies, dans ce cas particulier, comme points servant à l'équilibrage dans le câble même. Ce sont les points Poling.

Les couplages ΔG et ΔC ont été mesurés, pour chaque quarte, en fonction des fréquences de 12 à 252 kc/s. L'équilibrage des paires formant une quarte présente, en général, plus de difficultés que celui de paires comprises dans des quartes différentes. Les traces engendrées par les courbes de couplages et qui s'inscrivent sur l'écran du discriminateur de couplages sont photographiées à l'aide d'une caméra Polaroid. Par un croisement systématique des quartes aux trois points Poling et la prise de photographies après chacun de ces croisements (4 par quarte), il est possible de calculer les couplages partiels à attribuer à chacun des tronçons situés entre les répéteurs intermédiaires.

Sur la base des résultats ainsi obtenus pour les 12 quartes d'un câble, il est alors possible de réaliser un groupement des quartes. Ce groupement est effectué de manière que chaque quarte soit raccordée l'une après l'autre de telle sorte que l'allure des courbes ΔG et ΔC soit, si possible, linéaire et sans réflexion pour tout le champ d'amplification principal. Le choix d'une combinaison de croisements aux points Poling permet encore d'influencer l'allure des courbes et de les améliorer. Sur cette installation, quelques courbes de couplages, pour certaines combinaisons, n'avaient malheureusement pas une allure idéale. Elles présentaient de fortes ondulations et avaient, à certaines fréquences, des pointes saillantes produites par des réflexions dues à des inadaptations d'impédances. Cela a posé lors de l'équilibrage des problèmes difficiles à résoudre.

Par le groupement des quartes et les croisements lors des Poling, ces pointes n'ont pas toujours pu être éliminées et lors de l'équilibrage final, sur un champ d'amplification principal, ces dernières ainsi que les fortes ondulations restantes ne purent être corrigées.

A l'extrémité du câble, côté réception, les éléments nécessaires aux corrections sont déterminés provisoirement à l'aide des réseaux d'équilibrage à disposition. Pour cela, chaque paire est mesurée contre toutes les autres, ce qui

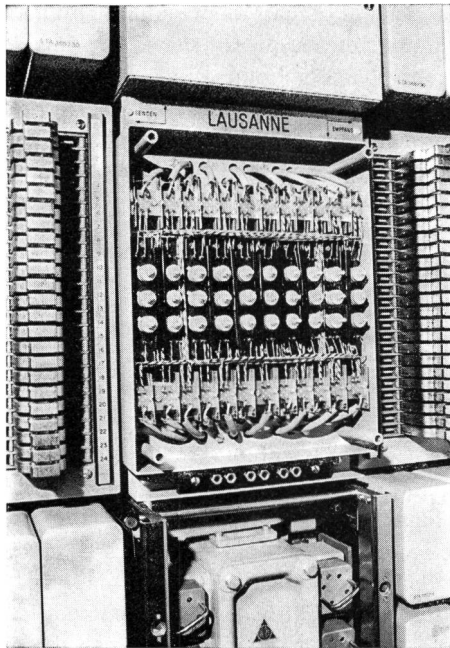


Fig. 10
Gegenabgleichsatz auf der Sendeseite
Réseau additionnel d'équilibrage à la place d'émission



Fig. 11
Anordnung der Abgleichsätze in der Kabelkopfbucht auf der Empfangsseite
Disposition des équipements d'équilibrage dans le bâti des têtes de câbles, côté réception

sprechdämpfung im entsprechenden Frequenzbereich ersichtlich. Mit Hilfe der verschiedenen Korrekturlemente wird die Kurve genau zentriert und für jede Kombination der Minimalwert abgelesen. Der Zeitaufwand für einen Endabgleich und die notwendigen Kontrollmessungen beträgt 2...3 Wochen. Die Figur 11 zeigt die zwei herausgeklappten Trimmer-Panels und dahinter das Abgleichnetzwerk mit den RC- und R-Korrekturen.

donne pour un câble à courants porteurs de 24 paires, 276 combinaisons. Les couplages capacitifs résiduels ΔC sont réduits, par le branchement symétrique de condensateurs d'appoint au point Poling, à des valeurs comprises entre 10 et 20 pF. Cela termine l'équilibrage et les travaux à l'extérieur dans le câble même.

L'équilibrage final est réalisé à l'aide des réseaux multiples montés dans le bâti de terminaison des câbles. Ceux-ci se composent des réseaux permettant les possibilités de corrections suivantes:

1. Panneau composé de 2×276 condensateurs réglables pour la correction des couplages résiduels purement capacitifs ΔC jusqu'à ± 30 pF.
2. Possibilités de connexion d'éléments RC. Correction des courbes ΔG et ΔC en fonction de la fréquence.
3. Panneau composé de 2×276 condensateurs réglables [servant à la réduction des effets de permutation $G\varphi$ (correcteurs de phases incorporés aux translateurs de lignes).
4. Possibilités de connexion de résistances servant à la correction des effets de permutation $C\varphi$ (correcteurs de phases incorporés aux translateurs de lignes).
5. Panneau avec 30 condensateurs réglables chacun jusqu'à 30 pF. Ce dernier panneau se trouve du côté émission. Chaque condensateur est raccordé individuellement suivant les nécessités. Voir figure 10.

Ces différentes possibilités de correction permettent un équilibrage optimal de chaque combinaison. Sur l'écran du discriminateur de couplages, l'affaiblissement télédiaphonique correspondant à chaque fréquence est lisible. A l'aide des éléments de correction, les courbes inscrites en coordonnées polaires sont exactement centrées sur la grille étalon et la valeur minimale absolue de chaque combinaison relevée. Le temps nécessaire à un équilibrage final ainsi qu'aux mesures de contrôle qui le terminent est de 2 à 3 semaines. La figure 11 montre les deux panneaux de condensateurs rabattus et, dans le fond, le réseau d'équilibrage équipé de corrections RC et R.

6. Résultats qualitatifs

6.1 Avant la transformation

L'installation de câbles à courants porteurs Berne-Lausanne a été construite en 1949. Elle correspond donc aux débuts de la technique des courants porteurs en Suisse. En vue de rassembler le maximum possible d'expériences, cette installation a été montée et équilibrée selon deux méthodes différentes. En particulier entre Moudon et Lausanne, un câble avait, à titre de recherches et d'essais, des longueurs ayant des caractéristiques électriques différentes. Les bâtis d'équilibrage à disposition à cette époque ne

6. Qualitative Ergebnisse

6.1 Anlage vor dem Umbau

Die Trägeranlage Bern–Lausanne wurde im Jahre 1949 gebaut. Sie stammt aus den Anfängen der Trägertechnik in der Schweiz. Um möglichst viele Erfahrungen zu sammeln, wurde die Anlage nach zwei verschiedenen Methoden montiert und abgeglichen. Zwischen Moudon und Lausanne verlegte man versuchsweise ein Trägerkabel mit anderen Eigenschaften.

Die damals zur Verfügung stehenden Endabgleichbuchten entsprechen nicht mehr den heutigen Erkenntnissen und technischen Möglichkeiten. Die seinerzeit verwendeten Messinstrumente erlaubten nur punktweise Messungen der Kopplungs- und Fernnebensprechverhältnisse. Ein objektiver Vergleich des Fernnebensprechens zwischen der alten und der umgebauten Anlage war somit nicht möglich.

6.2 Anlage nach dem Umbau

Für Trägerkabelanlagen werden heute die gleichen Nebensprechwerte verlangt, wie sie für 6-MHz-Kleinkoaxialkabelanlagen festgelegt sind. Für Leitungen zur Gesprächsübertragung gilt:

$$Ad_F (N) \geq 6,5 + 0,75 \ln \frac{280 \text{ (km)}}{l \text{ (km)}} \quad (1)$$

Nach dieser Formel ergibt sich für jedes Hauptverstärkerfeld ein Minimalwert von etwa 7,9 Neper.

In *Tabelle I* sind die erreichten Messwerte des Fernnebensprechens der einzelnen Hauptverstärkerfelder zusammengestellt.

Die erreichten Minimalwerte zeigen, dass es schwierig ist die Nebensprechbedingung zu erfüllen. Die verschiedenen Montage- und Abgleichmethoden, die versuchsweise beim Bau auf dieser Anlage ausprobiert wurden, wirkten sich, wie bereits unter 6.1 erwähnt, zum Teil ungünstig auf die Kopplungsverhältnisse aus.

Für die zusammengeschaltete Anlage Bern–Lausanne ergibt sich nach Formel (1) ein Minimalwert von 7,4 Neper. Berücksichtigt man die zulässigen Geräuschwerte (1 pW/

correspondent plus aux connaissances et aux possibilités techniques actuelles. Les instruments de mesure utilisés ne permettaient que des mesures ponctuelles de couplages et de télédiaphonie.

Une comparaison objective des valeurs qualitatives entre l'ancienne et la nouvelle conception n'est donc pas possible.

6.2 Installation après la transformation

Les valeurs de diaphonie exigées pour une installation de câbles à courants porteurs à paires symétriques sont, aujourd'hui, les mêmes que celles demandées pour les installations de câbles à tubes coaxiaux pour 6 MHz. Pour les lignes servant à la transmission de la parole, nous avons:

$$Ad_F (N) \geq 6,5 + 0,75 \ln \frac{280 \text{ (km)}}{l \text{ (km)}} \quad (1)$$

Selon cette formule, la valeur minimale acceptable pour chaque champ d'amplification principal serait d'environ 7,9 népers.

Le *tableau I* donne les valeurs de télédiaphonie obtenues pour chacun des champs d'amplification principaux.

Les valeurs minimales obtenues montrent bien qu'il est difficile de remplir les conditions de qualité diaphonique. Comme il a été rappelé dans le paragraphe 6.1, les divers genres de montage et d'équilibrage effectués sur cette installation à titre d'essais ont eu une grande influence sur les relations existant entre les différents couplages et ont nuï à l'homogénéité électrique des câbles. La valeur minimale d'affaiblissement diaphonique, pour l'ensemble de l'installation Berne–Lausanne, représente selon la formule (1): 7,4 népers.

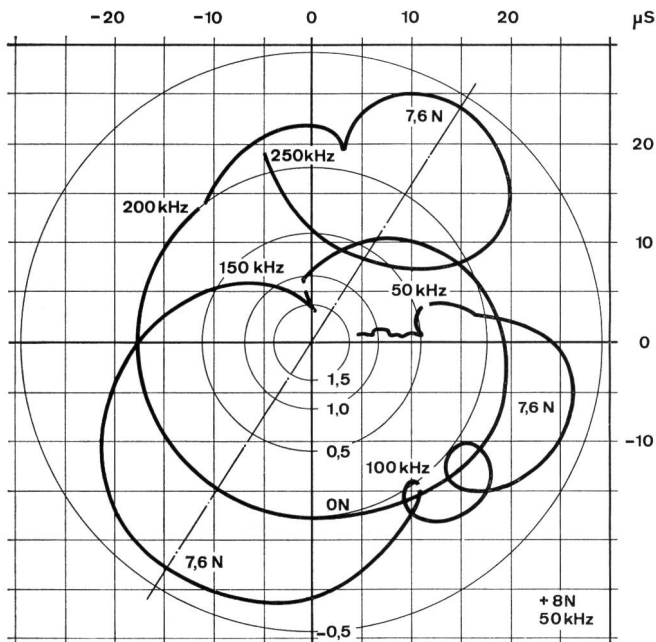
Si l'on tient compte du niveau de bruit encore admissible causé par la somme des affaiblissements diaphoniques de tous les circuits (1 pW/km), la valeur de diaphonie minimale ne devrait pas être inférieure à 7,7 népers. Par un groupement particulier des circuits, lors du raccordement des deux champs principaux d'amplification, à la station de Payerne, les valeurs minimales obtenues peuvent être dans l'ensemble maintenues. Quelques combinaisons se détériorent d'environ 0,3 néper.

Tabelle I

Hauptverstärkerfeld	Frequenzbereich kHz	Ad _F (N), absolute Minimalwerte	
		Minimalwerte von 276 Kom- binationen	50% Zentral- wert
A: Winterfeldweg – Payerne	12...252	7,8	8,36
B: Payerne – Winterfeldweg	12...252	7,8	8,37
A: Payerne – Lausanne	12...252	7,6	8,45
B: Lausanne – Payerne	12...252	7,8	8,54

Tableau I

Champs d'amplification principaux	Bande des fréquences KHz	Ad _F (N) Valeur minimale absolue	
		Valeur mini- male de 276 combinaisons	Valeur centrale 50%
A: Winterfeldweg – Payerne	12...252	7,8	8,36
B: Payerne – Winterfeldweg	12...252	7,8	8,37
A: Payerne – Lausanne	12...252	7,6	8,45
B: Lausanne – Payerne	12...252	7,8	8,54



▲ Fig. 12

Fig. 13 ►

Fig. 12 und 13

Fernnebensprechen der Paare 1/2 zwischen Lausanne und Bern. Der 0-Neperkreis entspricht einem Nebensprechen von 8 Neper. Im Abstand von je 50 kHz sind Frequenzmarken eingeblendet (Die beiden Abbildungen sind dem Abnahmebericht der Abteilung Forschung und Entwicklung entnommen)

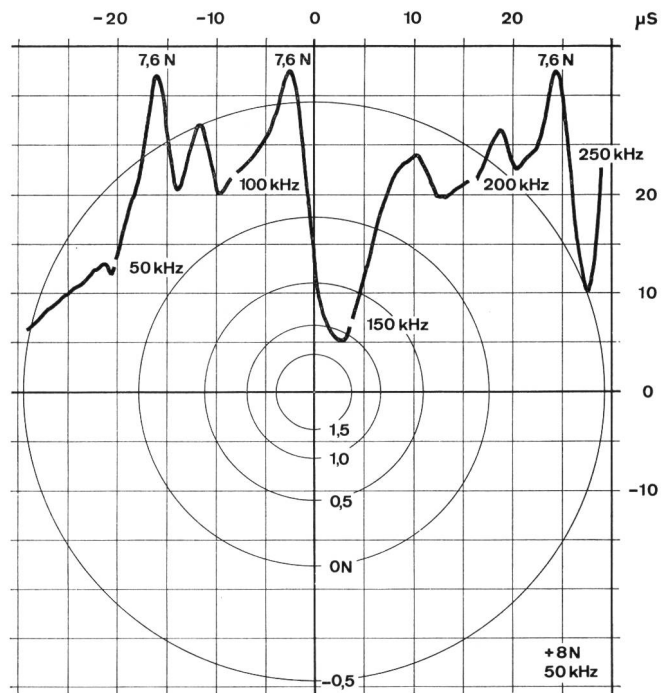


Fig. 12 et 13

Télédiaphonie des paires 1/2 entre Lausanne et Berne. La circonférence de 0 néper correspond à une diaphonie de 8 népers. Des repères de fréquence sont introduits de 50 en 50 kHz (Ces deux illustrations ont été tirées du rapport de réception établi par la division des recherches et du développement)

km), verursacht durch die Summe des Nebensprechens aller Leitungen, so sollte ein Minimalwert von 7,7 Neper nicht unterschritten werden.

Durch eine geeignete Systemgruppierung in Payerne blieben die erreichten Minimalwerte nach der Zusammenschaltung der beiden Hauptverstärkerfelder im wesentlichen erhalten. Gewisse Kombinationen verschlechterten sich um etwa 0,3 Neper.

Die Figuren 12 und 13 zeigen den Verlauf der Nebensprechkurve der Paare 1/2 auf der Strecke Lausanne–Bern. Daraus ist deutlich erkennbar, dass der Minimalwert von 7,6 Neper bei drei verschiedenen Frequenzen erreicht wird und nicht mehr weiter verbessert werden kann.

Der ganze Umbau und Nebensprechabgleich der Anlage Bern–Lausanne auf V60-Kanal-Betrieb darf auf Grund des erreichten Resultates als erfolgreich betrachtet werden. Die Vergrößerung des Frequenzbandes von 204 kHz auf 252 kHz ergab eine Vermehrung von 288 Leitungen. Die Trägeranlage Bern–Lausanne ermöglicht nun die gleichzeitige Übertragung von 1440 Gesprächen.

Les figures 12 et 13 montrent l'allure des courbes de diaphonie des paires 1 et 2 mesurée sur le tronçon Lausanne–Berne. Il est démontré qu'à trois fréquences différentes, la valeur minimale atteint 7,6 népers et qu'elle ne peut plus être améliorée. Au vu des résultats enregistrés, la transformation et l'équilibrage diaphonique de l'artère Berne–Lausanne pour une exploitation par courants porteurs à 60 voies peut être considérée comme un succès. L'élargissement de la bande des fréquences de 204 à 252 kHz permet une augmentation de 288 circuits. Il en résulte que cette installation a maintenant une capacité de transmission en téléphonie multiple de 1440 liaisons.

7. Prévisions pour l'avenir

Les expériences rassemblées lors des travaux effectués sur cette installation autorise à dire qu'il est possible de transformer avantageusement de 48 à 60 voies par système les installations de câbles à courants porteurs existantes. Cependant, un élargissement de la bande des fréquences

7. Zukunftsaussichten

Auf Grund der auf dieser Anlage gewonnenen Erfahrungen ist es möglich, bestehende Trägerkabelanlagen von 48- auf 60-Kanal-Betrieb umzubauen. Eine weitere Verbreiterung des Frequenzbandes über 252 kHz ist jedoch nicht möglich. Der Entscheid, ob eine bestehende Anlage umgebaut und auf die vorgeschriebenen Pflichtwerte abgeglichen werden kann, hängt in jedem Fall von vorausgehenden Messungen ab. Bei Anlagen mit sehr ungünstigen Kopplungsverhältnissen besteht die Möglichkeit, zwischen jedem einzelnen unterirdischen Zwischenverstärker ein Poling mit Viererabtausch auszuführen.

Dadurch wird aber der Zeit- und Arbeitsaufwand bedeutend vergrössert. Die Ausserbetriebsetzung einer Anlage stellt schwierige Probleme, muss doch der gesamte Betrieb auf eine temporäre Richtstrahlanlage oder auf ein bestehendes Koaxialkabel umgeschaltet werden.

Im allgemeinen befinden sich die Trägerkabel noch in einem guten Zustand, die röhrenbestückten Verstärker zeigen jedoch gewisse Alterserscheinungen und müssen allmählich durch transistorisierte ersetzt werden.

Dabei wird es bei einigen Anlagen gelingen, durch einen Umbau und Neuabgleich des Kabels die Übertragungskapazität von 48 auf 60 Kanäle je Aderpaar zu erhöhen.

supérieure à 250 kHz n'est pas souhaitable du point de vue qualitatif. Avant de décider si une installation se prête ou non à une telle transformation, il est nécessaire d'effectuer des mesures préalables. Celles-ci permettront de déterminer si les valeurs qualitatives indiquées dans le cahier des charges pourront être atteintes. Sur les installations où les rapports entre couplages sont défavorables, il reste la possibilité d'effectuer sur chaque champ d'amplification partiel un Poling, combiné avec un brassage particulier des quartes. Cette manière de faire a cependant l'inconvénient de demander beaucoup plus de temps.

La mise hors service d'une telle installation, avant le début des travaux, pose des problèmes ardu. Il est nécessaire en effet de déplacer temporairement tout le trafic au moyen de liaisons par faisceaux hertziens ou, s'il y a la possibilité, à l'aide d'un câble coaxial.

En général, l'état mécanique et électrique des câbles à courants porteurs est encore bon. Il n'en est pas de même des équipements amplificateurs à tubes qui présentent des défauts dus au vieillissement. Ces équipements devront être remplacés peu à peu par des exécutions transistorisées. Par ce moyen, il sera possible d'augmenter la capacité de transmission de certaines installations en effectuant les transformations et équilibrages nécessaires au passage de 48 à 60 voies par système.